Aus der Universitäts-Frauenklinik Göttingen
Direktor: Prof. Dr. H. Martius

Über Lichtwirkung und Lichtdosierung

Historischer Überblick und eigene experimentelle Untersuchungen

Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität
zu Göttingen

vorgelegt am 1. Januar 1940
von

Gregor Wehr
aus Löbau

1940

Aus der Universitäts-Frauenklinik Göttingen
Direktor: Prof. Dr. H. Martius

Über Lichtwirkung und Lichtdosierung

Historischer Überblick und eigene experimentelle Untersuchungen

Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität
zu Göttingen

vorgelegt am 1. Januar 1940
von

Gregor Wehr
aus Löbau

1940

Druck von J. Bohn & Sohn / Leipzig W 33

Dekan: Prof. Dr. Stich

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Martius

Tag der mündlichen Prüfung:

15. März 1940

An der Göttinger Frauenklinik wurden in den letzten Jahren eine Reihe Versuche unternommen, die darauf hinzielten, die Lichtbehandlung auf ihre Anwendbarkeit in der Frauenheilkunde zu überprüfen. Um einen Überblick über das von anderer Seite bereits Geleistete zu erhalten, wurde der vorliegenden Darstellung eigener experimenteller Untersuchungen ein historischer Überblick vorausgeschickt.

Bereits im Altertum waren Licht und Luft für die Gesunderhaltung des Körpers im weitesten Maße bekannt. Schon damals hat die Sonne für therapeutische Zwecke Anwendung gefunden. Im Mittelalter ging diese Kenntnis zum Teil verloren. Die Folge dieser lichtarmen Zeit war das Umsichgreifen der Rachitis, wie uns heute noch Darstellungen mittelalterlicher Meister kundtun. Erst in unserer Zeit ist dann von neuem die Bedeutung des Lichtes für die Gesunderhaltung des Körpers und für therapeutische Zwecke betont und wissenschaftlich unterbaut worden.

Die Freiluftbehandlung war es, die zur Ausnützung des Lichtes als Heilmittel hinführte. Diese Bewegung ging von Laienkreisen aus. 1855 fand die Errichtung der ersten Heilstätte für Sonnenlichtbehandlung durch Arnold Rickli statt. 1891 kam die erste wissenschaftliche Abhandlung über die Wirkung des Lichtes auf die Haut vom Stuttgarter Arzt Hammer heraus. Die grundlegenden Untersuchungen von Finsen gaben Veranlassung zu einer systematischen therapeutischen Anwendung des Lichtes. Finsen wies

1899 nach, daß die ultraviolette Strahlung des Lichtes Bakterien zu töten vermag. Auf Finsen geht die Behandlung des Lupus mit Kohlenbogenlicht zurück. Das erste Luftbad in Württemberg wurde um das Jahr 1900 in Stuttgart von Laien begründet.

Begründer der Heliotherapie im Hochgebirge ist Bernhard im Engadin, der um die Jahrhundertwende die örtliche Sonnenbehandlung bei Knochen- und Gelenktuberkulose einführte. Ihm folgte 1903 Rollier in Leysin, der die allgemeine Sonnenbestrahlung als Hauptbehandlung der extrapulmonalen Tuberkulose forderte.

1906 ging man dazu über, künstliche Lichtquellen zu schaffen als Ersatz für die oft fehlende Sonne. Neue Probleme traten auf über die beste spektrale Zusammensetzung dieser künstlichen Lichtquellen sowie ihre Dosierung in quantitativer und qualitativer Hinsicht.

1921 erkannte Huldschinsky die Beziehung zwischen Rachitis und Licht. Diese Erkenntnis brachte die Lichtbehandlung in Berührung mit der Vitaminforschung.

Die Bestrahlungsmethoden lassen sich zunächst einteilen in Natursonnenbestrahlung und Kunstlichtbehandlung.

Zur allgemeinen Physik der Sonnenbestrahlung ist zu sagen, daß das Spektrum der Sonne ein kontinuierliches Emissionsspektrum ist. Diesem Spektrum überlagert ist das Absorptionsspektrum der in der Sonnenatmosphäre enthaltenen Metalldämpfe. Dieses Absorptionsspektrum ist biologisch gesehen ziemlich belanglos. Von größerer Bedeutung sind die Absorptionsbanden, die von der Erdatmosphäre hervorgerufen werden. Auf der Erde reicht das Sonnenspektrum von 3000 $\mu\mu$ bis zum Ultraviolett mit 290 bis allenfalls 270 $\mu\mu$ Wellenlänge.

Die Sonnenstrahlung in der Erdatmosphäre wird durch Streuung und Absorption verändert. Unter Streuung versteht man die Änderung der Strahlen, die durch Brechung, Beugung und Reflexion hervorgerufen werden an Wassertröpfchen, Staubtröpfchen und Luftmolekülen. Zu bemerken ist, daß die kurzwellige Strahlung wesentlich stärker gestreut wird als die langwellige.

Die Absorption der Sonnenstrahlung in der Erdatmosphäre erfolgt im langwelligen Anteil vorwiegend durch Wasserdampf, Kohlendioxyd und Dunst. Da die Absorption und Streuung der Strahlung keine Konstante ist, ist die auf die Erde treffende Sonnenstrahlung ein Strahlengemisch von sehr wechselnden Bestandteilen.

Die Sonne ist kein indifferentes Heilmittel; daher muß man über die Qualität und Quantität der zur Anwendung kommenden Strahlen unbedingt orientiert sein.

Beim Sonnenbad wird man keine reine Lichtwirkung annehmen dürfen. Stets kommt die Wirkung des Luftbades hinzu, das je nach dem Klima eine verschiedene Einwirkung hat. Das Sonnenbad kann lokal auf einen kleinen Körperbezirk beschränkt oder auch als Ganzbad gegeben werden. Je nach der therapeutischen Absicht wird man eine Durchwärmung oder auch chemische Wirkung auf die Haut und ihre Funktion oder eine lokal beschränkte Tiefenwirkung erstreben. Die Dauer der Bestrahlung schwankt zwischen Minuten und Stunden je nach der gewünschten Reaktion. Unter der eigentlichen Sonnenkur versteht man die langdauernde Behandlung mit Sonnenlicht. Die Strahlung der Sonne ist nach Ort und Zeit sehr verschieden, sie kann am gleichen Ort von Minute zu Minute in ihrer Intensität wechseln durch Wolken, Dunst und anderes. Eine feine Dosierung, wie wir sie beim Medikament kennen, ist ohne besondere Vorrichtungen nicht möglich. Man hat versucht, durch genaue Meßapparate die Intensität der einzelnen Strahlenarten jederzeit zu kontrollieren. Physikalisch ist dieses Problem mit Hilfe von Spektralapparaten mit Thermoelementen oder Photozellen längst gelöst. Für die ärztliche Praxis sind diese Apparate jedoch noch viel zu kompliziert. So hat man meist lediglich die Erfahrung als Maßstab genommen. Nach dem Vorschlage Dornos ist man dazu übergegangen, Bestrahlungstabellen ähnlich den photographischen Belichtungstabellen für Kurorte herauszugeben, die über die durchschnittliche Gesamtintensität, die Helligkeitswerte und den Anteil der ultravioletten Strahlung Aufschluß geben. Die günstigste Bestrahlungszeit liegt um die Mittagszeit, sofern man bestrebt ist,

hohe Dosen zu verabreichen. In den Morgenstunden bis etwa 10 Uhr vormittags ist die Ultraviolettstrahlung in unseren Breiten, abgesehen von hohen Bergen, fast Null. Anderseits kann in der Mittagszeit die Wärmewirkung unerwünscht hoch werden. Neben der Intensität ist bei der Dosierung der Strahlung vor allem die Feldgröße und die Bestrahlungszeit zu berücksichtigen. Abgesehen von der Wärmewirkung handelt es sich ja bei Licht um chemische Effekte. Das Licht wirkt also wie ein eingespritztes oder sonstwie dem Körper zugeführtes chemisches Medikament. Nur wird dieses Medikament nicht von außen zugeführt, sondern in der Haut selber aus dort vorhandenen anderen Stoffen vom Licht erzeugt. Wie dieser Vorgang in den Einzelheiten verläuft, ist nur in Sonderfällen (z. B. Rachitis) einigermaßen geklärt. Die Menge des in der Haut vom Licht erzeugten Medikamentes wächst, wie ohne weiteres einleuchtet, mit der Intensität der Feldgröße und der Beleuchtungszeit. Bestrahlung der zehnfachen Feldgröße würde angenähert der Zufuhr einer zehnmal größeren Medikamentmenge entsprechen, und entsprechend würden die biologischen Effekte sein. Bei Vermehrung der Intensität und Bestrahlungszeit wird diese Proportionalität nicht voll erreicht werden, da hierzu unbegrenzte Mengen von chemischen, durch das Licht unwandelbaren Stoffen in der Haut zur Verfügung stehen müßten. Außerdem kommt es vor, daß ein Stoff zunächst vom Licht in einen anderen verwandelt wird, dann bei weiterer Bestrahlung aber in einen dritten Stoff verwandelt wird usw. Es ist möglich, daß der zweite Stoff heilt, der dritte aber für den menschlichen Körper ein Gift ist. Derartige Beobachtungen wurden z. B. bei der Herstellung der rachitiswirksamen Stoffe gemacht. Die örtliche Lage des Bestrahlungsfeldes ist ebenfalls für die Allgemeinwirkung nicht einerlei. Der medikamentöse Charakter der Lichtwirkung macht es ohne weiteres einleuchtend, daß die Lichtdosis ebenso säuberlich abgewogen werden muß wie das Medikament.

Begründer unserer heutigen Heliotherapie sind Finsen und Bernhard in St. Moritz und Rollier in Leysin. Sie behandelten in erster Linie tuberkulöse Fälle, granulierende und infizierte Wunden. Durch den guten Erfolg angeregt, setzte Bernhard

Fisteln tuberkulöser Geschwüre und zuletzt die chirurgische Tuberkulose dem Sonnenlicht aus.

Bei der chiriurgischen Tuberkulose wurde die Heliotherapie die Methode der Wahl. Die erzielten Erfolge haben die Lichttherapie, auch die Behandlung mit allen Arten künstlicher Lichtquellen, in die Medizin eingeführt. Die Behandlung mit dem natürlichen Sonnenlicht bot Bernhard in dem heimatlichen Gebirge große Vorteile. Einmal die verstärkte Intensität des Sonnenlichts, dann der reichere Gehalt an violetten und ultravioletten Strahlen. Hinzu kommt noch der verminderte Luftdruck, sowie die trockene, reine, bakterienarme Luft.

Bei vielen chirurgischen Affektionen wandte Bernhard die Heliotherapie an. Den größten Triumph feierte die Sonnenlichtbehandlung bei der chirurgischen Tuberkulose. Worauf beruht nun die günstige Wirkung der Sonnenstrahlen? Der Wirkungsmechanismus ist augenscheinlich komplexer Natur.

Bei der oberflächlichen Form und der offenen, mit Wunden und Fisteln einhergehenden Tuberkulose wirkt das Licht baktericid und thermisch. Ferner wird die Epithelisierung der Wunden und Geschwüre gefördert. Zudem wird durch die strahlende Wärme eine Hyperämie erzeugt, die durch Anhäufung von günstig wirkenden Stoffen des Blutserums den Heilungsprozeß beeinflußt. Zu bemerken ist, daß bei der Sonnenlichtbehandlung nur ausnahmsweise die sonst so gefürchteten Rezidive auftreten.

Während Bernhards Methode eine vorwiegend lokale Bestrahlung war, legt Rollier von vornherein die Allgemeinbestrahlung zugrunde. Beide Methoden sind letzten Endes in ihrer Wirkung identisch, da die Lokalbestrahlung stets eine Allgemeinwirkung hervorruft. Das heute am meisten benutzte Verfahren stammt von Rollier. Das Verfahren rechnet mit täglicher hochaktiver Bestrahlung von Bettlägerigen.

Nach drei bis zehn Gewöhnungstagen bei offenem Fenster wird die Bestrahlung an der freien Luft fortgesetzt. Die Bestrahlung be-

ginnt möglichst peripher bei den Füßen und steigt dann langsam nach folgendem Schema:

	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag
Füße	5	10	15	20	25	30 Min.
Unterschenkel		5	10	15	20	25 Min.
Oberschenkel			5	10	15	20 Min.
Abdomen				5	10	15 Min.
Brust					5	10 Min.
Rücken						5 Min.

Vom 7. Tage wird die Dauer der Bestrahlung schneller gesteigert bis zu einer Zeit von 3—6 Stunden. Besondere Maßnahmen: der Kranke ruht beim Sonnenbade im Bette oder auf einer festen Unterlage. Der Kopf wird durch einen Hut oder Schirm geschützt. Der Sonnenbadraum sei windgeschützt, nach Süden offen und so gelagert, daß die Strahlen möglichst senkrecht einfallen (Tiefenwirkung).

Außer den natürlichen Energiequellen, wie sie die Sonne und Himmelsstrahlung darstellen, werden in der Lichttherapie künstliche Lichtquellen gebraucht. Der Grund dafür war, daß in unseren geographischen Breiten die wenigen Sonnenstrahlen, die von Berufstätigen ausgenutzt werden können, offenbar unzureichend sind und daß die außerordentlich wechselvolle Witterung keine planmäßige Lichtbehandlung von Patienten erlaubt. Die Technik hat bis vor wenigen Jahren anscheinend ihre Hauptaufgabe in der Schaffung kräftiger Ultraviolettstrahlen gesehen. Veranlassung dazu dürften besonders die antirachitische, die antibakterielle, die allgemein den Organismus anregende und bräunende Wirkung des Ultravioletttlichtes gewesen sein. Man ist hier entschieden zu einer Überwertung des Ultraviolettlichtes gekommen. Es ist noch zu prüfen, ob nicht die Überdosierung zu irgendwelchen Krankheitsbildern führt. Erfahrene Lichttherapeuten haben immer wieder betont, daß

die Natursonnenbehandlung der Kunstlichtbehandlung vorzuziehen ist. Das Ideal für die Allgemeinbehandlung wäre also eine Lichtquelle, die in ihrer spektralen Zusammensetzung der Natursonne gleichkäme. Man hat versucht, durch gleichzeitige Anwendung von elektrischen Glühlampen und künstlicher Höhensonne eine sonnenähnlichere spektrale Zusammensetzung des künstlichen Lichtes zu erzielen. Trotzdem wurde die Wirkung der Natursonne bisher noch nicht erreicht.

Worin liegt nun der Unterschied in der Wirkung zwischen natürlicher Sonnen- und Kunstlichtbestrahlung begründet? Zum Teil läßt sich der Erfolg darauf zurückführen, daß eine Natursonnenkur im Gegensatz zur Kunstlichtbehandlung meist mit einem Aufenthalt unter veränderten klimatischen Verhältnissen verbunden ist. Anderseits ist der Spektralbereich bei allen Kunstlichtquellen ein anderer, so daß eine gleiche Wirkung überhaupt nicht erwartet werden kann. Zudem herrscht über die Dosierung in quantitativer und qualitativer Hinsicht bei künstlichem Licht im Vergleich zum Sonnenlicht noch nicht die genügende Klarheit.

Einen physikalischen Vergleich zwischen den Dosierungsmethoden bei Natursonne (Rollierschema) und Kunstlicht hat unter anderen Witte durchgeführt. Er kam dabei zu dem Ergebnis, daß bei Kunstlichtbehandlung das Ultraviolett meist stark überdosiert, das sichtbare Licht stark unterdosiert wird. Er wirft daher die Frage auf, ob nicht der im allgemeinen günstigere Effekt der Natursonne auf diese Unterschiede zurückgeht. Bemerkenswert in diesem Zusammenhange sind die Arbeiten Osterwalds, der bei Tuberkulosefällen auf Grund therapeutischer Erfahrungen schon vor Jahren mit derart kleinen Ultraviolettdosen arbeitete, wie sie später unabhängig von Witte auf Grund seiner physikalischen Überlegungen und im Vergleich mit Rollier verlangt wurden.

Zum Teil in gemeinsamer Arbeit mit Witte hat Nordmeyer die Wirkung ganz geringer Dosen künstlicher Strahlung und natürlicher Höhensonne auf den Organismus Schwangerer untersucht. Er fand unter anderem, daß die körperliche Leistung der Schwan-

geren so gesteigert wird, daß die Geburtsdauer erheblich verkürzt und die Anzahl der Zangengeburten wesentlich vermindert werden. Diese Arbeit stützte sich auf Untersuchungen des Dortmunder Arbeitsphysiologischen Instituts über die Leistungsfähigkeit bestrahlter und unbestrahlter Arbeiter. Anwendung finden die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen heute im größeren Maßstabe bei der Bestrahlung von Bergleuten (Lönne).

Umstritten ist bisher immer noch die Wirkung des sichtbaren Lichtes. Anscheinend wurden hier bei Kunstlichtbestrahlung zu kleine Dosen benutzt, die deshalb fast unwirksam blieben, weil der Körper von der Natursonne her auf erheblich größere Dosen eingestellt ist. Erst in jüngster Zeit sind geeignete Lampen entwickelt worden.

Während die Herstellung kräftiger Strahler für das langwellige Infrarot und das kurzwellige Ultraviolett schon sehr früh gelang, waren bisher noch keine Strahlenquellen mit geeigneter Intensität für das sichtbare Licht und kurzwellige Infrarot (Wellenlänge 800 bis 1280 $m\mu$) vorhanden. Mit der Herstellung der Tiefenstrahler nach Lönne und Witte ist diese Forderung in Erfüllung gegangen. Das Licht dieser Lampe kommt qualitativ und quantitativ dem Sonnenlicht so außerordentlich nahe, daß es praktisch damit identifiziert werden kann. Die neue Lampe ermöglicht es unter anderem, unter Anwendung von Filtergläsern jede Spektralfarbe einzeln in genau dosierter Menge zu verwenden und auf ihren biologischen Effekt zu prüfen.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit wurde experimentell eine Spezialfrage geklärt, nämlich, ob ein Unterschied zwischen der Wirkung von sichtbarem Rotlicht und infraroter Wärmestrahlung auf das Wachstum junger weißer Ratten vorhanden sei.

Eine Arbeit von Heinzeroth hatte ergeben, daß rotlichtbestrahlte Ratten ein stärkeres Wachstum zeigten als unbestrahlte. Es blieb die Frage offen, ob es sich um einen spezifischen Rotlichteffekt handelte oder ob ein reiner Wärmeeffekt vorlag. Um hier zu entscheiden, wurde eine Versuchsreihe von 100 Tieren angesetzt, die zur Hälfte mit Rotlicht, zur Hälfte mit der gleichen Energiemenge

infraroten Lichtes bestrahlt wurde; das heißt, es wurden sowohl von dem roten als von dem infraroten Licht die gleichen Kalorienzahlen pro Minute und auch insgesamt eingestrahlt. Der Vergleich wurde mit Hilfe eines in die Kästen eingesetzten Kalorimeters durchgeführt, wie es schon von Möhring in seiner Arbeit beschrieben und abgebildet wurde. Die Bestrahlung wurde in Kästen vorgenommen, wie sie die Abbildungen in Heinzeroths Arbeit zeigen.

Außerdem wurde noch eine Reihe von Kontrolltieren angesetzt, die in Kästen gleicher Größe bei dem diffusen Licht des Bestrahlungsraumes aufwuchsen. Da ein großer Teil dieser Tiere gleich nach der Geburt einging, wurde von einer graphischen Darstellung der Wachstumskurven Abstand genommen. Bei den übrig gebliebenen Tieren konnte man deutlich ein vermindertes Wachstum gegenüber den bestrahlten Tieren feststellen. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Arbeit von Heinzeroth, die das Wachstum von unbestrahlten Tieren im Vergleich zu bestrahlten ausgiebig behandelt.

Für die Rotlichtbestrahlung wurden über den Kästen vier elektrische Glühlampen zu je 75 Watt in bestimmtem Abstand aufgehängt. Das Licht dieser Lampen wurde durch rote Gläser und durch wassergefüllte Petrischalen gefiltert, um die langwelligen Infrarotstrahlen mit mehr als 1250 $\mu\mu$ Wellenlänge zu absorbieren. Dieser Bestrahlung wurden die Tiere täglich 12 Stunden mit Ausnahme des Sonntags ausgesetzt.

Für die Wärmestrahlung verwandten wir die gleichen Kästen. Statt der elektrischen Glühlampen wurden zwei Heizkörper in genügendem Abstand angebracht, so daß die Temperatur in den roten und infraroten Kästen dieselbe war. Die Tiere saßen in den Kästen auf einer etwa 8 cm dicken Torfschicht, die oberflächlich mit Häcksel bestreut war, um so eine hellfarbige Oberfläche zu schaffen und die allzu starke Wärmeabsorption durch den dunklen Torfuntergrund zu vermeiden. Die Bestrahlung der Tiere wurde von Geburt an vorgenommen. Über die Gewichtszunahme geben die nachfolgenden Tabellen, sowie die Abbildungen 1 und 2 Aufschluß.

Rotlicht K_1 26. 10. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
19. 11.	24 Tage	25	27	9	61	20,3
26. 11.	31 „	30	36	14	80	26,7
9. 12.	44 „	62	46,5	22	130,5	43,5
23. 12.	58 „	81	53,8	24	158,8	53
13. 1.	79 „	113	79	29	221	73,6
27. 1.	93 „	122	80	25	227	75,6
10. 2.	107 „	144	100	42	286	95,3
24. 2.	121 „	154	108	51	313	104,3
10. 3.	135 „	172	120	65	357	119

Rotlicht K_2 28. 10. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
19. 11.	22 Tage	8	17	14	39	13
26. 11.	29 „	16	26,1	19,2	61,3	20,4
9. 12.	42 „	28,2	35	31	94,2	31,4
23. 12.	56 „	34,9	46,2	44,4	125,5	41,8
13. 1.	77 „	47	56	64	167	55,6
27. 1.	91 „	54	63	74	191	63,6
10. 2.	105 „	77	88	101	266	88,6
24. 2.	119 „	82	97	117	296	98,6

Rotlicht K_3 13. 11. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	5	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
9. 12.	26 Tage	29,8	30	34,1	31,2	29,2	154,3	30,8
23. 12.	40 „	39,4	43,2	43,5	38	43	207,1	41,4
13. 1.	61 „	53	64	54	59	49	279	55,8
27. 1.	75 „	53	67	56	60	53	289	58
10. 2.	89 „	75	92	70	95	63	395	79
24. 2.	103 „	82	100	78	98	72	430	86

Rotlicht K_4 26. 10. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	Gewichts-summe	Durchschnitts-gewicht
19. 11.	24 Tage	15	15	15
26. 11.	31 „	20	20	20
9. 12.	44 „	35,3	35,3	35,3
23. 12.	58 „	46	46	46
13. 1.	79 „	82	82	82
27. 1.	93 „	93	93	93
10. 2.	107 „	122	122	122
24. 2.	121 „	128	128	128
10. 3.	135 „	130	130	130

Rotlicht K_5 2. 11. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	5	Gewichts-summe	Durch-schnitts-gewicht
26. 11.	24 Tage	16,5	16	13	15	11,9	72,4	14,5
9. 12.	37 „	29,5	29,4	20,4	25	24,2	128,5	25,7
23. 12.	51 „	36	34,8	28	29,2	25	153	30,6
13. 1.	72 „	49	45	39	34	36	203	40,6
27. 1.	86 „	53	54	48	38	38	231	46,2
10. 2.	100 „	72	78	72	54	58	334	66,8
24. 2.	114 „	76	86	83	56	65	366	73,2
10. 3.	128 „				95	107	472	94,5

Rotlicht K_6 2. 11. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	5	6	Gewichts-summe	Durch-schnitts-gewicht
26. 11.	24 Tage	17	16	12	11	11,5	12	124,5	20,7
9. 12.	37 „	25	24	21	21	23,1	21	135,1	22,5
23. 12.	51 „	30	30	28,8	25	25	24,9	163,1	27,2
13. 1.	72 „	33	40	40				113	37,7
27. 1.	86 „		48	55				103	56,5
10. 2.	100 „		68	78				146	73
24. 2.	114 „		78	103				181	90,5

Rotlicht K_7 8. 12. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
13. 1.	36 Tage	67	59	40	166	55,3
27. 1.	50 „	100	77	55	232	77,3
10. 2.	64 „	140	104	77	321	107,0
24. 2.	78 „	158	131	89	378	126

Wärme K_1 10. 1. 39 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
27. 1.	17 Tage	24	24	24	24	96	24
10. 2.	31 „	55	58	43	50	206	51,5
24. 2.	45 „	73	67	52	67	259	65
10. 3.	59 „	137	130	109	120	496	124

Wärme K_2 8. 12. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
13. 1.	36 Tage	62	70	132	66
27. 1.	50 „	95	114	209	104,5
10. 2.	64 „	130	148	278	139
24. 2.	78 „	150	154	304	152
10. 3.	92 „	192	192	384	192

Wärme K_3 26. 10. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
19. 11.	24 Tage	11	13	24	12
26. 11.	31 „	16	17	33	16,5
9. 12.	44 „	24,3	24	48,3	24,2
23. 12.	58 „	39	39	78	39
13. 1.	79 „	53	53	106	53
27. 1.	93 „	56	54	110	55
10. 2.	107 „	68	75	143	71,5
24. 2.	121 „	72	81	153	76,5
10. 3.	135 „	115	128	243	121,5

Wärme K_4 30. 10. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	5	6	7	8	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
19. 11.	20 Tage	15	18	15	18	18	13	18	17	132	16,5
26. 11.	27 „	19	21,5	20	22	22,5	17,5	23,5	21	167	20,8
9. 12.	40 „	28,2	28	28	28,5	30	30	24,5	24,5	221,7	27,7
23. 12.	54 „	36	31,5	32,5	30	34	31	31	31,2	157,2	32,1
13. 1.	75 „	43	39	39	33	50	41	36	33	314	39,2
27. 1.	89 „	46	55	47	40		46	44	60	338	48,2
10. 2.	103 „	70	72	65	55		85	50	80	477	68,1
24. 2.	117 „	72	78	68	56		97	50	83	504	72
10. 3.	131 „	117	122	115	107		133		140	734	122,3

Wärme K_5 2. 11. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
26. 11	24 Tage	18	23	18	14	73	18,2
9. 12.	37 „	29,8	32,6	26	20	108,4	27,1
23. 12.	51 „	39	52	40	27	158	39,4
13. 1.	72 „	43	85	41	32	201	50,2
27. 1.	86 „	70	106		38	214	71,5
10. 2.	100 „	105	145		53	303	101
24. 2.	114 „	124	154		53	331	110,3
10. 3.	128 „	182	225		94	501	167

Wärme K_6 2. 11. 38 geb.

Datum	Alter der Tiere	1	2	3	4	Gewichtssumme	Durchschnittsgewicht
26. 11.	24 Tage	22	23,5	25	23,5	94	23,5
9. 12.	37 „	32,4	36	37	32,5	137,9	34,5
23. 12.	51 „	47	51	51,2	45	194,2	48,5
13. 1.	72 „	64	60	64	61	249	62,5
27. 1.	86 „	75	63	78	72	288	72
10. 2.	100 „	103	82	100	105	390	97,4
24. 2.	114 „	112	89	103	111	415	103,7
10. 3.	128 „	160	138	148	152	598	149

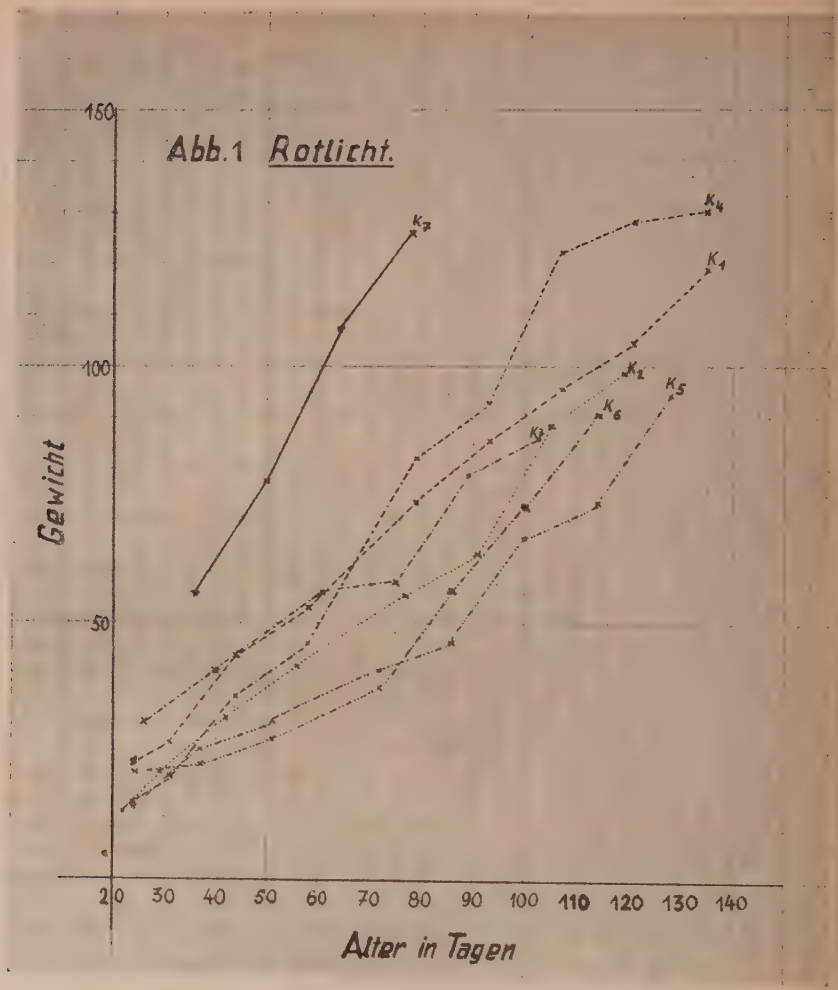
Abb. 1 Rotlicht.
150
100
50
Gewicht
K7
K4
K1
K2
K6
K3
K5
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140
Alter in Tagen

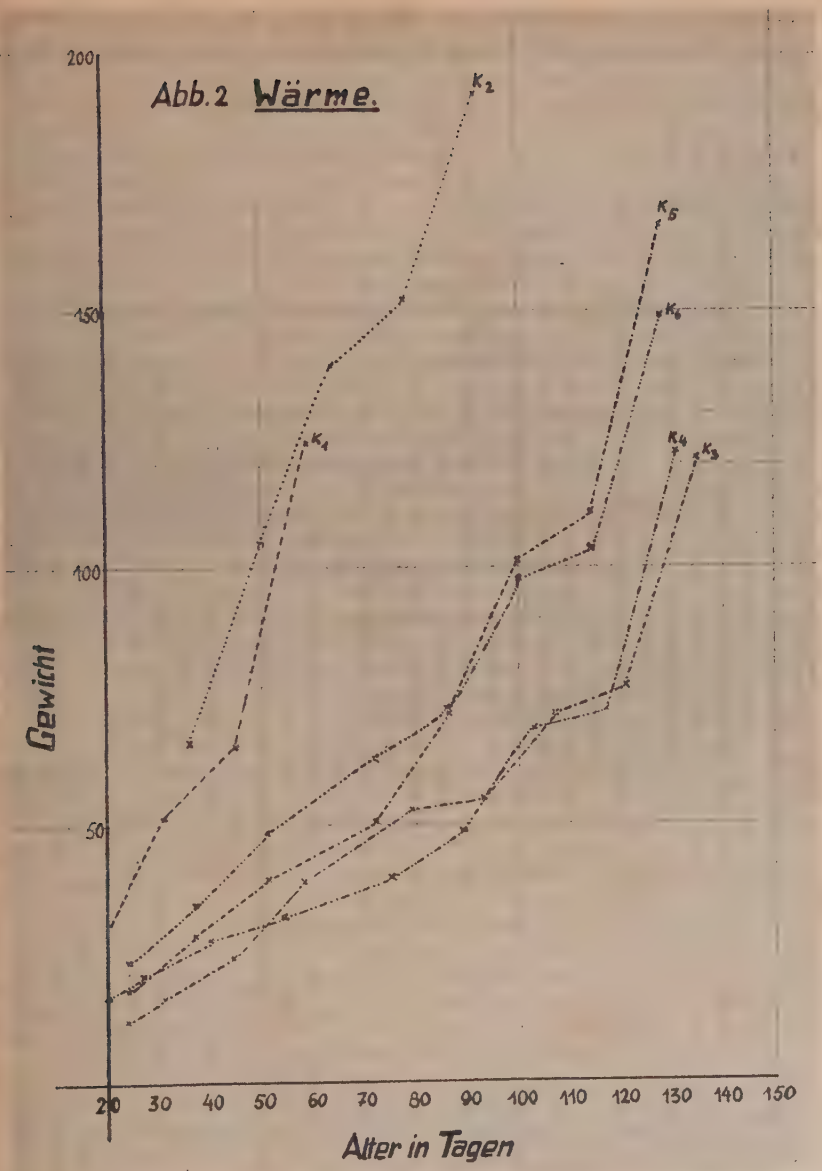
Abb. 2 Wärme.
200
150
100
50
Gewicht
K2
K5
K6
K1
K4
K3
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
Alter in Tagen

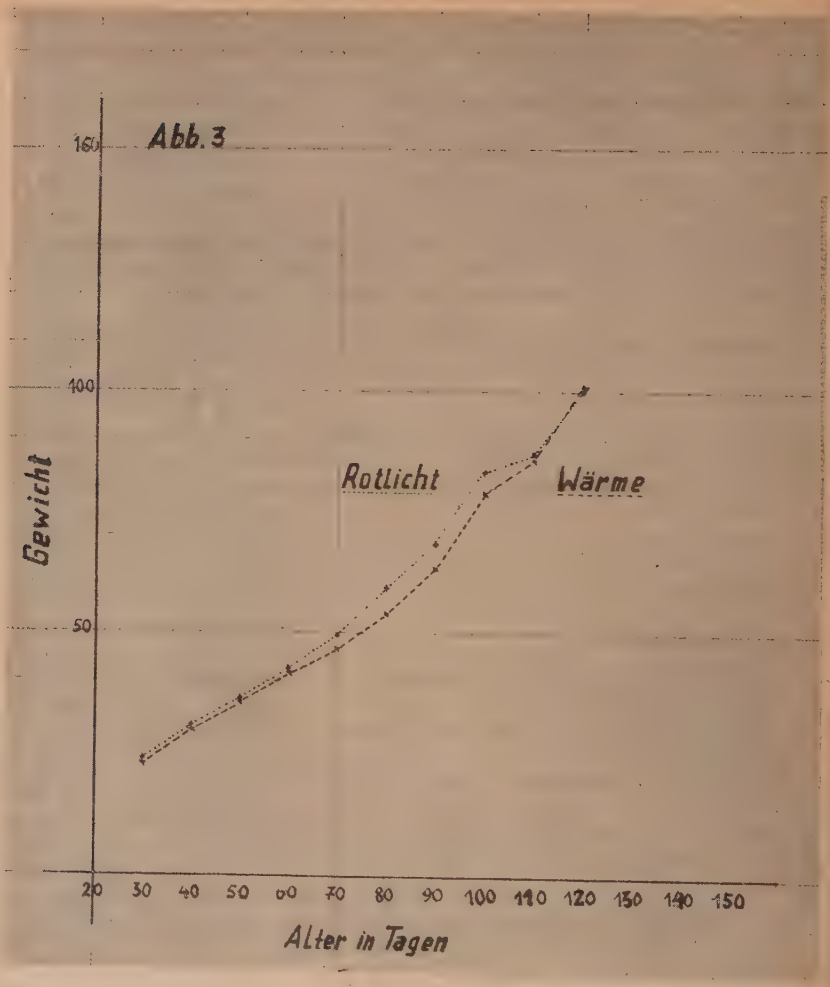
Abb. 3
160
100
50
Gewicht
Rotlicht
Wärme
20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
Alter in Tagen

Wie man sieht, fallen von den Wärmetieren diejenigen aus den Kästen K_1 und K_2 und von den Rotlichttieren die aus Kasten K_7 ganz aus dem Rahmen. Sie wurden daher ausgeschaltet.

Bildet man für die übrigen Rotlicht- und Wärmetiere die Mittelwerte der Gewichte von allen Tieren, so ergeben sich die nachfolgende Tabelle und die Kurven der Abbildung 3.

Mittelwerte.

Rotlichttiere		Wärmetiere	
Alter in Tagen	Gewicht in Gramm	Alter in Tagen	Gewicht in Gramm
30	24	30	23
40	31	40	30
50	36,5	50	36
60	42,8	60	42
70	49,7	70	46,5
80	59,2	80	54
90	68,4	90	63,5
100	83,2	100	79
110	87,0	110	86
120	100	120	101

Der Unterschied der Gewichtszunahmen liegt innerhalb der Fehlergrenze. Es ist also festgestellt, daß der Wachstumseffekt bei weißen Ratten „praktisch" ein reiner Wärmeeffekt ist. Es bleibt natürlich offen, ob bei erblich einheitlichem Tiermaterial nicht doch kleine Unterschiede zu finden wären, und es ist selbstverständlich nichts darüber ausgesagt, ob andere spezifische Rotlichteffekte vorhanden sind oder nicht. Insbesondere bei der unbehaarten und völlig andersartigen Haut des Menschen muß vorläufig noch durchaus mit spezifischen Effekten gerechnet werden. Leider erlaubten es die Zeitverhältnisse nicht, obigen Fragen schon in dieser Arbeit auf den Grund zu gehen.

Schrifttum

Witte, Strahlentherapie, Bd. 58, S. 113, 114.

Möhring und Witte, Strahlentherapie, Bd. 60, S. 142, 143.

Nordmeyer, Archiv für Gynäkologie, Bd. 165, Heft 1, S. 97, 111.

Heinzeroth, Tierversuche über die biologische Wirkung sichtbaren Lichtes von sonnengleicher Intensität.

Lippmann, Lehrbuch der Strahlentherapie, Bd. 3, S. 675, 677.

Bernhard, Strahlentherapie, Bd. 5, S. 211—226.

Osterwald, Strahlentherapie, Bd. 35, S. 523.

Lebenslauf

Am 5. November 1911 wurde ich in Löbau (Westpreußen) als Sohn des Lehrers Heinrich Wehr geboren und bekam dort den ersten Unterricht in der Volksschule. Von Ostern 1922 an besuchte ich das Gymnasium in Heiligenstadt (Eichsfeld), wo ich am 12. März 1931 die Reifeprüfung bestand. Anschließend studierte ich zunächst Philosophie und Theologie an der Philosophisch-Theologischen Hochschule in Fulda und an der Universität in Bonn. 1934 begann ich mein medizinisches Studium in Göttingen. Im Herbst 1935 bestand ich hierselbst die ärztliche Vorprüfung und legte im Sommer 1939 in Göttingen das ärztliche Staatsexamen ab. Seit dem 1. September 1939 bin ich als Medizinalpraktikant in der Universitäts-Frauenklinik Göttingen tätig.

Herrn Prof. Dr. Martius bin ich für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. phil. E. Witte für seine Anregungen und Ratschläge bei der Bearbeitung desselben, besonders des physikalischen Teiles, zu großem Dank verpflichtet.